

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-268590

(43)Date of publication of application : 22.09.1994

(51)Int.Cl. H04B 10/04  
H04B 10/06  
H04L 27/00

(21)Application number : 05-049725

(71)Applicant : FUJITSU LTD

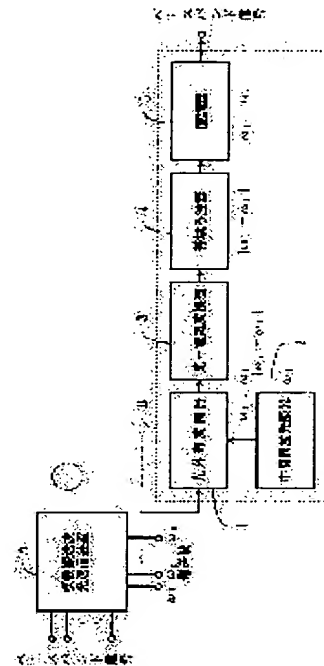
(22)Date of filing : 11.03.1993

(72)Inventor : ICHIKAWA AKIHIKO

## (54) DEMODULATION METHOD FOR OPTICAL SIGNAL MODULATED BY PLURAL CARRIERS

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To provide a demodulation method in which the reception sensitivity is heightened and realized at a low cost with respect to the demodulation method of an optical signal modulated by plural carriers with frequencies of  $\omega_i$  ( $i=1, 2, \dots, n$ ).  
**CONSTITUTION:** A received optical signal is inputted to an optical outer modulator B by which the received optical signal is modulated by an electric signal with the frequency of  $\omega_j$  and from which optical signals modulated by  $\omega_i$ ,  $\omega_j$ , &verbar; $\omega_i \pm \omega_j$ &verbar;, are outputted, the electric signal resulting from optoelectric conversion of the optical signal passes through a band pass filter 4 whose center frequency is &verbar; $\omega_i - \omega_j$ &verbar;, and an output signal of the band pass filter 4 is demodulated by a demodulator 5 using a carrier whose frequency is &verbar; $\omega_i - \omega_j$ &verbar;.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 03.07.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 04.07.2000

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-268590

(43)公開日 平成6年(1994)9月22日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

庁内整理番号

FI

技術表示箇所

H 0 4 B 10/04

10/06

H 0 4 L 27/00

8523-5K

H 0 4 B 9/ 00

L

9297-5K

H 0 4 L 27/ 00

Z

審査請求 未請求 請求項の数3 OL (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平5-49725

(22)出願日 平成5年(1993)3月11日

(71)出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

(72)発明者 市川 明彦

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

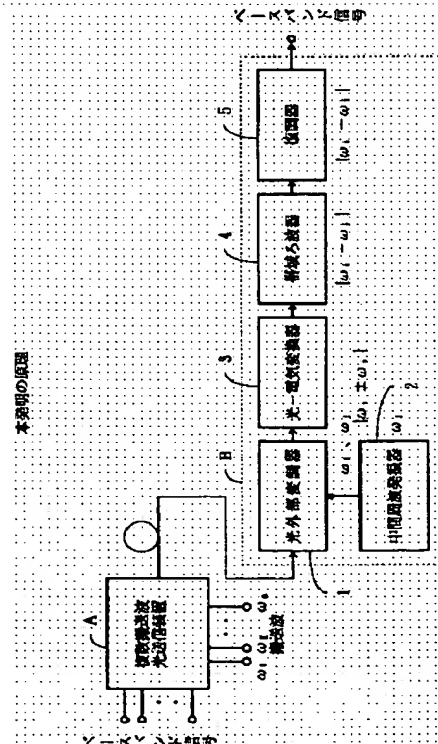
(74)代理人 弁理士 井桁 貞一

(54)【発明の名称】 複数搬送波で変調された光信号の復調方法

(57)【要約】

【目的】 周波数 $\omega_i$  ( $i=1, 2, \dots, n$ )の、複数搬送波で変調された光信号の復調方法に関し、受信感度を高めることができ、かつ、低コストで実現できる復調方法の提供を目的とする。

【構成】 受信光信号を光外部変調器に入力し、該光外部変調器によって受信光信号を周波数 $\omega_j$ の電気信号で変調し、 $\omega_i$ 、 $\omega_j$ 、 $|\omega_i \pm \omega_j|$ で変調された光信号を出力し、該光信号を光-電気変換した電気信号を、中心周波数が $|\omega_i - \omega_j|$ の帯域ろ波器を通過させ、帯域ろ波器の出力信号を、 $|\omega_i - \omega_j|$ を搬送波とする復調器によって復調するように構成する。



#### 【特許請求の範囲】

【請求項1】 周波数 $\omega_i$  ( $i=1, 2, \dots, n$ )の、複数搬送波で変調された光信号の復調方法において、  
受信光信号を光外部変調器(1)に投入し、該光外部変調器によって受信光信号を周波数 $\omega_j$ の電気信号で変調し、 $\omega_i$ 、 $\omega_j$ 、 $|\omega_i \pm \omega_j|$ で変調された光信号を出力し、  
該光信号を光-電気変換(3)した電気信号を、中心周波数が $|\omega_i - \omega_j|$ の帯域ろ波器(4)を通過させ、帯域ろ波器の出力信号を、 $|\omega_i - \omega_j|$ を搬送波とする復調器(5)によって復調することを特徴とする複数搬送波で変調された光信号の復調方法。

【請求項2】 請求項1記載の複数搬送波で変調された光信号の復調方法において、  
複数搬送波 $\omega_i$ に対して固有の、中心周波数 $|\omega_i - \omega_j|$ の帯域ろ波器を設けて、特定搬送波で変調された信号を抽出し、搬送波 $|\omega_i - \omega_j|$ で復調することを特徴とする複数搬送波で変調された光信号の復調方法。

【請求項3】 請求項1記載の複数搬送波で変調された光信号の復調方法において、  
外部変調器の変調信号の周波数 $\omega_j$ を切り替えることにより、複数搬送波 $\omega_i$ に対して一定な周波数 $|\omega_i - \omega_j|$ を得て、該一定周波数の帯域ろ波器から特定搬送波で変調された信号を抽出し、前記一定周波数の搬送波で復調することを特徴とする複数搬送波で変調された光信号の復調方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、複数搬送波で変調された光信号の復調方法に係り、特に、高い復調品質を提供する、複数搬送波で変調された光信号の復調方法に関する。

【0002】 波動としての光は周波数が高く、また、光を伝送する光ファイバの通過周波数帯域が広いので、複数の搬送波で変調された複数の電気信号を、光を媒体として伝送することが多い。即ち、光信号は広帯域な電気信号で変調されている。従って、広帯域な電気信号で変調された光信号の復調方法において、高品質で復調する技術が重要である。

##### 【0003】

【従来の技術】 図5は、従来の復調方法の原理を示す図である。図5において、Aは複数搬送波光送信装置、Bは複数搬送波光受信装置である。2aは中間周波発振器、3aは光-電気変換器、4は帯域ろ波器、5は復調器、6は周波数変換器である。複数搬送波光送信装置では、周波数 $\omega_i$  ( $i=1, 2, \dots, n$ )の搬送波をベースバンド信号で変調し、該ベースバンド信号で変調された搬送波 $\omega_i$  ( $i=1, 2, \dots, n$ )で変調された光信号を構成し、光ファイバ伝送路に送出している。受

信装置においては、まず光-電気変換器によってベースバンド信号で変調された複数の搬送波 $\omega_i$ を得る。しかる後、周波数 $\omega_j$ の中間周波数によって周波数変換し、帯域ろ波器によって特定の搬送波 $\omega_i$ に対応する周波数で変調された信号を抽出する。

【0004】 周波数変換器からはベースバンド信号で変調された、周波数帯 $|\omega_i + \omega_j|$ 、 $|\omega_i - \omega_j|$  ( $i=1, 2, \dots, n$ )の信号が得られるが、一般に低周波側の $|\omega_i - \omega_j|$ を抽出する。この抽出された信号を搬送波 $|\omega_i - \omega_j|$ の復調器で復調し、ベースバンド信号を得る。

【0005】 しかしながら、従来の方法は光-電気変換器の電気回路に要求される帯域が広いために、受信感度を上げられないという欠点に加えて、コストが高くなるという欠点も併せて有する。

##### 【0006】

【発明が解決しようとする課題】 本発明は、かかる問題に対処して、高い受信感度を有し、かつ、低コストの復調方法を提供することを目的とする。

##### 【0007】

【課題を解決するための手段】 図1は本発明の原理を説明する図である。図1において、Aは複数搬送波光送信装置、Bは複数搬送波光受信装置である。1は光外部変調器、2は光外部変調器に変調信号を供給する中間周波発振器、3は光-電気変換器、4は帯域ろ波器、5は復調器である。

【0008】 本発明の特徴は、光受信信号をまず光外部変調器に投入し、送信側の搬送波と中間周波数の差周波数の信号(この信号はベースバンド信号で変調されている)で変調された光信号を生成し、該生成された光信号を光-電気変換器によって電気信号に変換することにある。

##### 【0009】

【作用】 従来の復調方法では、受信光信号から搬送波帯域の信号を直接取り出す必要があるために、光-電気変換器の電気回路は、搬送波周波数 $\omega_1 \sim \omega_n$ で動作可能である必要がある。

【0010】 これに対して、本発明の方法では、光外部変調器によって中間周波数 $\omega_j$ で受信光信号を予変調して、周波数 $|\omega_i - \omega_j|$  ( $i=1, 2, \dots, n$ )で変調された光信号を得ている。この信号を電気変換し、搬送波 $|\omega_i - \omega_j|$ の復調器で復調して、ベースバンド信号を取り出すことができる。

【0011】 従って、光-電気変換器の電気回路は搬送波周波数 $\omega_i$ より低周波で動作すればよく、動作帯域内の雑音による品質劣化を避けることができる。更に、雑音マージンをとる設計が不要となる外、低周波向けの部品で構成することができ、低価格で回路実現できる。

##### 【0012】

【実施例】 一般に、周波数 $\omega_i$  ( $i=1, 2, \dots$ 、

n) の複数搬送波で変調された光信号は、次の式で表現できる。

$$P(t) = P_0 \left\{ 1 + \sum_{i=1}^n m_i \sin \omega_i(t) \right\} \quad \text{①}$$

ここで  $P_0$  は平均光パワーである。また、各搬送波はベースバンド信号  $S_i(t)$  で変調されている。 $m_i$  はその変調度を表し、例えば、振幅変調の場合には  $m_i = S_i(t)$  である。

$$P_{OUT}(t) = \{P_{IN}(t)/2\} \{1 + m_j \sin \omega_j(t)\} \quad \text{②}$$

ここで、 $P_{IN}(t)$  は外部変調器の入力光、 $P_{OUT}(t)$  は外部変調器の出力光で、また、 $\omega_j$  は外部変調信号 (中間周波信号) の周波数、 $m_j$  は外部変調の変調度である。式 (2) の複数搬送波で変調された信号

$$P_{OUT}(t) = (P_0/2) \left\{ 1 + \sum_{i=1}^n m_i \sin \omega_i(t) \right\} \times \{1 + m_j \sin \omega_j(t)\} \quad \text{③}$$

即ち、光外部変調器の出力光信号は、 $\omega_i$ 、 $\omega_j$ 、 $|\omega_i \pm \omega_j|$  ( $i=1, 2, \dots, n$ ) なる周波数の成分を有する ( $\omega_j$  を除いて、他の周波数成分はベースバンド信号で変調されている)。

【0018】図2は、光外部変調器の出力光を変調している周波数成分を説明する図である。図2のイは光送信装置から送出される送信光信号を変調している信号である。ここでは  $n=3$  として図示している。図2のイにおいて、上向きの矢印は搬送波を示し、三角印はベースバンド信号を示す。ここでは、ベースバンド信号で搬送波を変調する方式として、二重側帯波振幅変調方式を例に図示しているが、この変調方式は本発明の要旨には影響しない。図2のロは光外部変調器の変調信号 (中間周波信号)、図2のハは光外部変調器の出力光を変調している式に含まれる周

波数成分  $\omega_i$ 、 $\omega_j$ 、 $|\omega_i \pm \omega_j|$  ( $i=1, 2, 3$ ) を表している。なお、 $\omega_j$  成分だけはベースバンド信号で変調されていない。

【0019】図3は、本発明の実施例を説明する周波数ダイアグラムである。図3のイは光送信装置からの送信光信号を変調している信号で、ここでも  $n=3$  として図示している。図3のロは光外部変調器の変調信号 (中間周波信号)、図3のハは光外部変調器の出力光を変調している信号を、中心周波数  $|\omega_1 - \omega_j|$  の帯域通過ろ波器を通して得た信号を示している (破線で示した周波数成分は、帯域ろ波器で減衰を受けて、帯域ろ波器の出力には現れない)。

【0020】中心周波数  $|\omega_1 - \omega_j|$  の信号は、ベースバンド信号で変調されているので、この信号を搬送波周波数が  $|\omega_1 - \omega_j|$  の復調器に印加して、元のベースバンド信号を得る。

【0013】

【数1】

【0014】一方、光外部変調器の正弦波変調特性は、近似的に次の式で表現される。

【0015】

【数2】

式 (2) の特性を持つ光外部変調器に入力する。即ち、 $P_{IN}(t) = P(t)$  とおくと、次の式を得る。

【0017】

【数3】

【0021】そして、搬送波周波数が  $\omega_2$  の場合には、中心周波数  $|\omega_2 - \omega_j|$  の帯域ろ波器を通過させ、搬送波周波数が  $|\omega_2 - \omega_j|$  の復調器に導いて、ベースバンド信号を得る。即ち、搬送周波数  $\omega_i$  ( $i=1, 2, 3$ ) に対応して、固有の周波数  $|\omega_i - \omega_j|$  ( $i=1, 2, 3$ ) の帯域ろ波器と復調器を設けることで、任意の搬送波を変調しているベースバンド信号を得ることができる。図3は、表示の制限上  $n=3$  としているだけであり、任意の  $n$  に対してベースバンド信号を得ることができることはいうまでもない。

【0022】図4は、本発明の第二の実施例を説明する周波数ダイアグラムである。図4のイは光送信装置からの送信光信号を変調している信号で、やはり  $n=3$  として図示している。図4のロは光外部変調器の変調信号 (中間周波信号) で、細い実線が周波数  $\omega_{j1}$  の、太い実線が周波数  $\omega_{j3}$  の中間周波信号である。図4のハは中間周波数  $\omega_{j1}$  の時に帯域ろ波器の出力に得られる、周波数  $|\omega_1 - \omega_{j1}|$  の信号を、図4のニは中間周波数  $\omega_{j3}$  の時に帯域ろ波器の出力に得られる周波数  $|\omega_3 - \omega_{j3}|$  の信号を図示している。そして、周波数  $|\omega_1 - \omega_{j1}|$  と周波数  $|\omega_3 - \omega_{j3}|$  が等しくなるように、中間周波数  $\omega_{j1}$ 、 $\omega_{j3}$  を選択した、本発明の特徴を図示している。当然、図示しなかった  $|\omega_2 - \omega_{j2}|$  も等しくなるように、中間周波数  $\omega_{j2}$  を選択できるので、送信側の各搬送波  $\omega_i$  ( $i=1, 2, 3$ ) に対して、固定の帯域ろ波器と復調器を使用できる。なお、図4では表示の制限上  $n=3$  としただけで、任意の  $n$  に対して、上記機能が実現できる。

【0023】

【発明の効果】以上述べた如く、複数の搬送波で変調された光信号を復調する際に、光外部変調器を設けて、搬

送周波数と中間周波数の差の周波数で変調された光信号に変換し、しかる後に光-電気変換することにより、光-電気変換器の電気回路の動作帯域を低周波化でき、容易に高品質な復調ベースバンド信号を得られるとともに、装置の低コスト化を実現できる。この効果は、光外部変調器のコストが低くなる将来において、更に大きなものとなる。

【図面の簡単な説明】

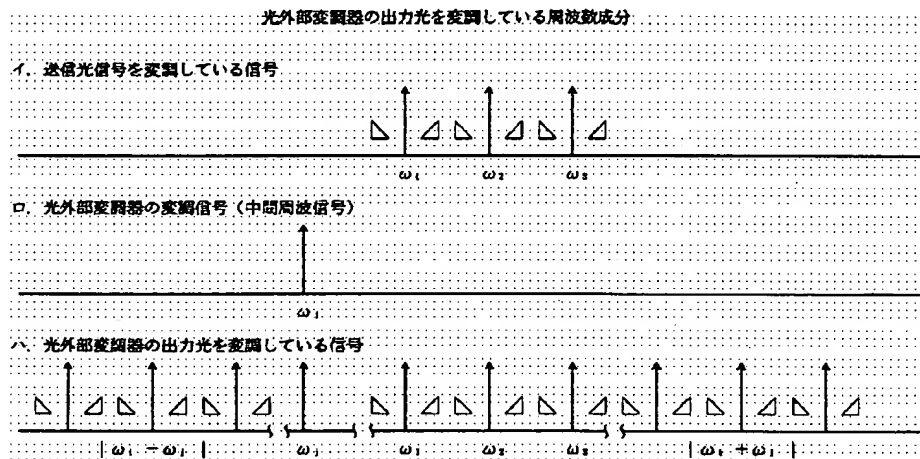
【図1】 本発明の原理。  
【図2】 光外部変調器の出力光を変調している周波数成分。

【図3】 本発明の実施例。  
【図4】 本発明の第二の実施例。  
【図5】 従来の復調方法の原理。

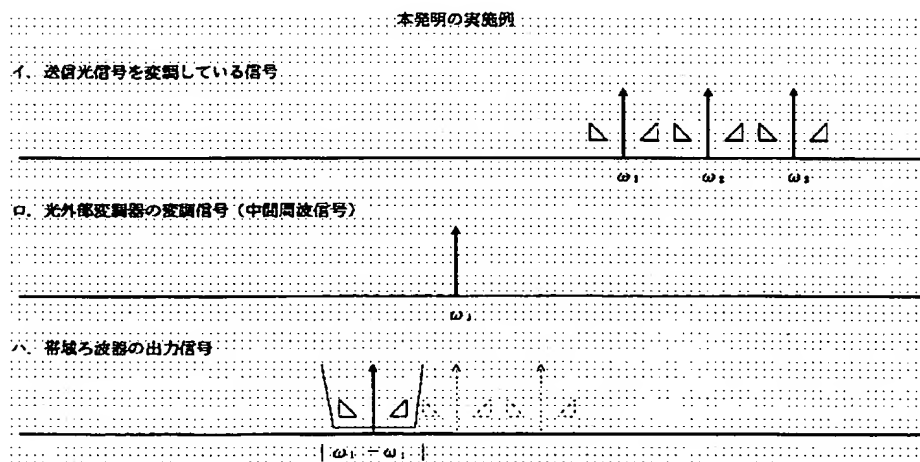
【符号の説明】

- A 複数搬送波光送信装置
- B 複数搬送波光受信装置
- 1 光外部変調器
- 2 中間周波発振器
- 3 光-電気変換器
- 4 帯域ろ波器
- 5 復調器

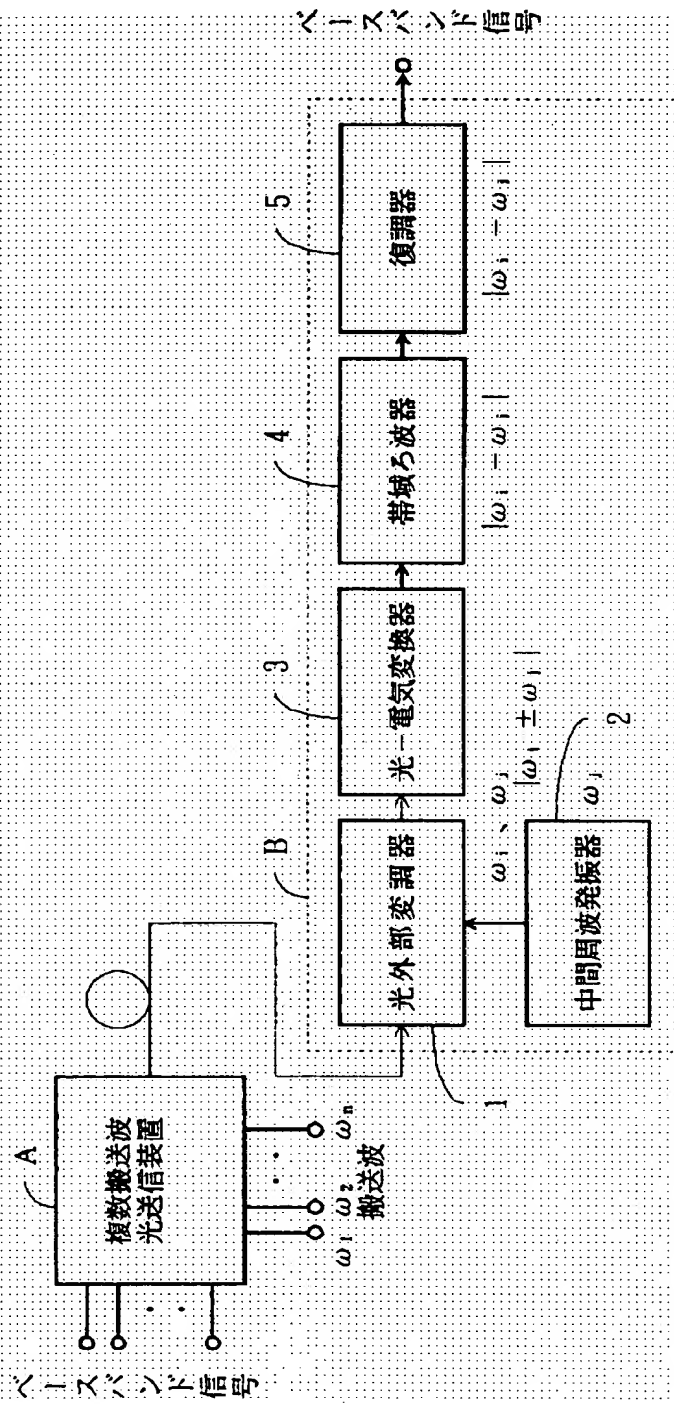
【図2】



【図3】



本発明の原理

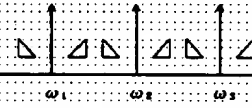


【図 1】

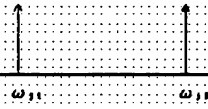
【図 4】

本発明の第二の実施例

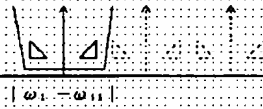
イ. 送信光信号を変調している信号



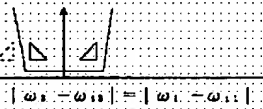
ロ. 光外部変調器の変調信号 (中間周波信号)



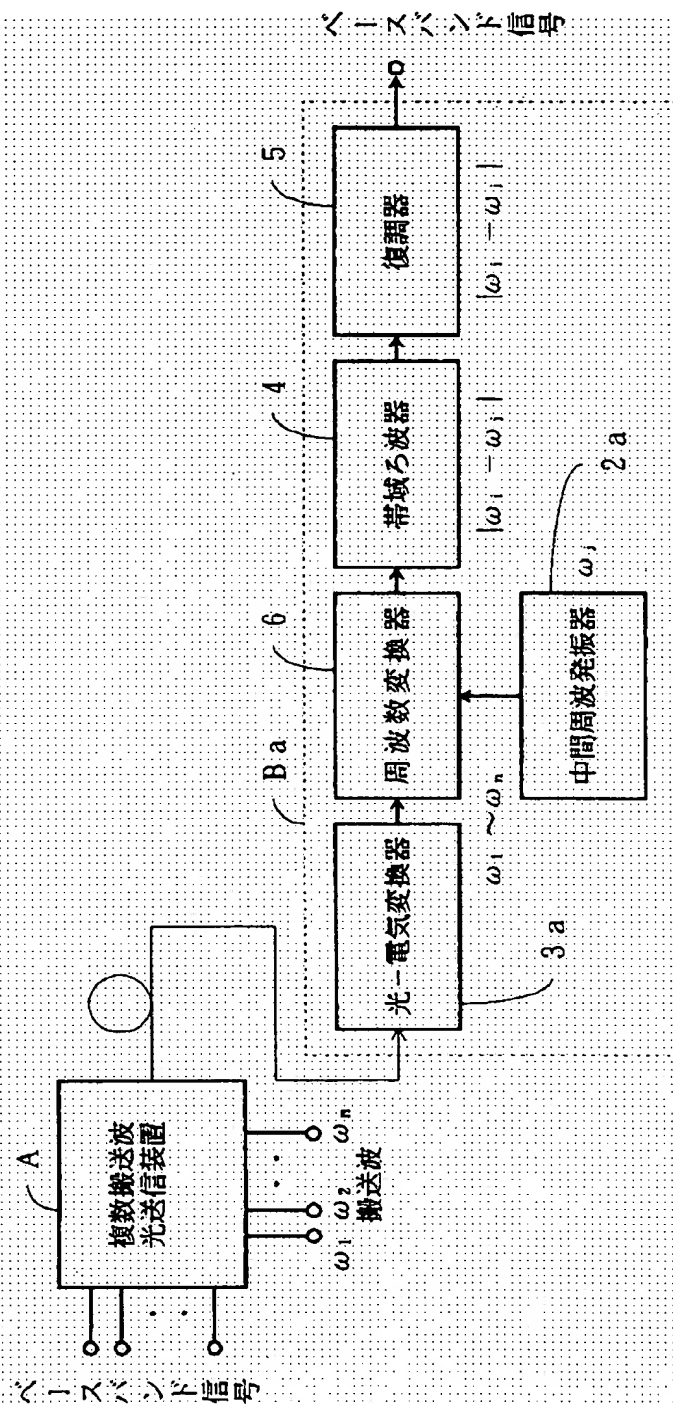
ハ. 帯域ろ波器の出力信号  
( $\omega_1, \omega_{11}$ )



ニ. 帯域ろ波器の出力信号  
( $\omega_2, \omega_{11}$ )



従来の復調方法の原理



【図5】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**